

В. Г. Лисенко, Ю. Н. Чесноков, А. В. Лаптева,
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург,
Россия

К РАСЧЕТУ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

The analysis of energy consumption doesn't allow to find indicators of use of fuel energy resources on end products in technological processes of the existing techniques of determination of thermal power balances of separately taken repartitions. Here carrying out through total calculations of power consumption of a technological product is required. In the most representative look such technique (a method of calculation of technological fuel numbers) has been in details developed (and further it developed successfully and applied) in works of scientists of USTU-UI in the eighties of the 20th century. The developed technique has a number of the features distinguishing it from other techniques and allowing to carry out objectively the power analysis or the analysis of efficiency of use of energy in process. For further development of this technique as well as when determining power consumption of production and determining issue of harmful emissions in this work through approach to assessment of specific emissions of greenhouse gases is applied. Besides, also by analogy with issue of harmful emissions, for the purpose of possible comparative assessment of damage from emissions of greenhouse gases with a power ecological capacity of production it is offered to express this damage in power units. It gives the chance to compare earlier defined power consumption of production of the considered productions with damage from emissions of greenhouse gases.

В работах [1–6] описана методика сквозного энергетического анализа, основанная на понятии технологического топливного числа (ТТЧ). Для ископаемого топлива ТТЧ вычисляется по формуле

$$\text{ТТЧ} = 1,1 \cdot 10^3 \cdot \frac{Q_n^p}{Q_{н.у.т}^p}, \quad (1)$$

где 1,1 – коэффициент служит для учета энергозатрат на добычу, транспортировку и подготовку топлива; 10^3 – коэффициент предназначен для перевода размерности кг у. т. / кг прод. в кг у. т. / т прод; $Q_{н.у.т}^p$ – низшая рабочая теплота сгорания условного топлива; Q_n^p – низшая рабочая теплота сгорания ископаемого топлива. Для другой продукции ТТЧ определяется суммой ТТЧ_i ресурсов, потребных для изготовления этой продукции, с учетом их расхода (пример приведен в табл. 1). Значения сквозных ТТЧ_i приведены в [6]. Сквозной эта методика была названа по той причине, что она учитывает энергозатраты всех процессов, начиная с добычи сырья и кончая тем продуктом, для которого рассчитывается ТТЧ.

ТТЧ доменного чугуна

Сырьевые ресурсы и основные показатели	ТТЧ _i , кг у. т./т	Расход на 1 т продукции
Кокс, т	1 396,0	0,40
Природный газ, м ³	1,34	134,0
Вода, м ³	0,120	36,0
Дутье (подогрев), м ³	0,104	1400,0
Кислород, м ³	0,240	100,00
Электроэнергия, кВт ч	0,390	22,0
Агломерат офлюсованный, т	111,00	1,0
Окатыши офлюсованные, т	123,0	0,60
Известь, т	283,0	0,07
ТАЧ, кг у. т.	–	55,30
Доменный газ, м ³	0,117	–2 000
Значение ТТЧ чугуна, кг у. т.		946

Методика сквозного энергетического анализа была расширена методикой экологического анализа, что составило ядро интегрированного сквозного энергоэкологического анализа (СЭЭА). Это ядро включает следующие технологические числа, которые имеют одну и ту же размерность – килограмм условного топлива на единицу продукции.

Амортизационное число (ТАЧ), которое рассчитывается по формуле [7]:

$$\text{ТАЧ} = \frac{A}{C_{\text{пр.г.}}} \cdot \frac{Q_{\text{н.пр.г.}}^{\text{р}}}{Q_{\text{н.у.т.}}^{\text{р}}}, \quad (2)$$

где A – значение амортизационных отчислений в денежном эквиваленте;

$Q_{\text{н.пр.г.}}^{\text{р}}$ – низшая рабочая теплота сгорания природного газа.

Экологическое число (ТЭЧ), определяемое как:

$$\text{ТЭЧ} = m_{\text{п}} \cdot K_{\text{вз}}, \quad (3)$$

где $m_{\text{п}}$ – удельная приведенная масса вредных выбросов; $K_{\text{вз}}$ – показатель, характеризующий степень компенсации экологического ущерба. Величина $m_{\text{п}}$ определяется формулой:

$$m_{\text{п}} = \sum_k (M_k \cdot A_k) , \quad (4)$$

где M_k – удельная масса сквозных вредных выбросов k -го загрязняющего вещества для i -го передела; A_k – коэффициент агрессивности k -го загрязняющего вещества. Коэффициент перевода $K_{\text{вэ}}$ вычисляется как:

$$K_{\text{вэ}} = \frac{C_{\text{в.в.}}}{C_{\text{п.г.}}} \cdot \frac{Q_{\text{н.п.г.}}^{\text{р}}}{Q_{\text{н.у.т.}}^{\text{р}}} , \quad (5)$$

где $C_{\text{вв}}$ – плата природопользователя (предприятия, организации, реализующих какие-то технологические процессы, сопровождаемые выбросами вредных газов в атмосферу) за сверхлимитное загрязнение окружающей среды.

Парниковое число (ТПЧ) определяемое

$$\text{ТПЧ}_{\text{п.г.}} = K_{\text{вп}} \cdot \sum_{k=1}^N M_k^{\text{п.г.}} , \quad (6)$$

где $K_{\text{вп}}$ – коэффициент перевода стоимостной оценки ущерба к оценке в условных энергетических единицах; $M_k^{\text{п.г.}}$ – значение удельной массы сквозной эмиссии парниковых газов; N – количество учитываемых парниковых газов.

Сквозная эмиссия рассчитывается как сумма эмиссий парниковых газов на всех этапах производства данной продукции. Коэффициент $K_{\text{вп}}$ определяется как:

$$K_{\text{вп}} = \frac{C_{\text{п.г.}}}{C_{\text{пр.г.}}} \cdot \frac{Q_{\text{н.пр.г.}}^{\text{р}}}{Q_{\text{н.у.т.}}^{\text{р}}} , \quad (7)$$

где $C_{\text{п.г.}}$ – учитывает плату за эмиссию парниковых газов природопользователя за загрязнение окружающей среды выбросами в атмосферу парниковых газов [8].

Названные технологические числа имеют одинаковую размерность. Это дает возможность их суммировать и получить значение технологического топливно-экологическо-парникового числа (ТТЭПЧ) [9]:

$$\text{ТТЭПЧ} = \text{ТТЧ}_{\Sigma} + \text{ТЭЧ} + \text{ТПЧ} = \sum \Psi_i \cdot \text{ТТЧ}_i + \text{ТАЧ} + \text{ТЭЧ} + \text{ТПЧ} , \quad (8)$$

где ТТЧ_{Σ} – суммарное ТТЧ; ТПЧ – технологическое парниковое число; Ψ_i – коэффициент расхода i -го ресурса; ТТЧ_i – ТТЧ i -го ресурса. ТТЭПЧ определяет

сквозную энерго-экологическую и парниковую характеристику процесса. Чем меньше значение ТТЭПЧ у процесса, тем меньше его энергоёмкость и меньший ущерб он наносит окружающей среде. Технологическое топливно-экологическое число (ТТЭЧ) – итоговая оценка энерго-экологических затрат при производстве продукции.

Заключение

Предложена оценка процессов производства продукции по сквозным результирующим энергетическим и экологическим параметрам. Под экологическими параметрами подразумеваются эмиссии в атмосферу вредных веществ и парниковых газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисиенко, В. Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование: справочное издание: в 3-х книгах. Книга 1 / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев; под ред. В. Г. Лисиенко. – М.: Теплотехник, 2004. – 608 с.
2. Лисиенко, В. Г. Плавильные агрегаты. Теплотехника, управление и экология: справочное пособие: в 4-х книгах. Книга 2 / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев; под ред. В. Г. Лисиенко. – М.: Теплотехника, 2005. – 912 с.
3. Лисиенко, В. Г. Хрестоматия энергосбережения: справочное издание : в 2-х книгах. Книга 1 / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев; под ред. В. Г. Лисиенко. – М.: Теплотехник, 2002. – 688 с.
4. Лисиенко, В. Г. Энергетический анализ. Методика и базовое информационное обеспечение: учеб. пособие для вузов / В. Г. Лисиенко [и др.]; под ред. В. Г. Лисиенко. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2001. – 100 с.
5. Лисиенко, В. Г. Энерго-экологический анализ, программное обеспечение и снижение эколого-экономического ущерба: учеб. пособие для вузов / В. Г. Лисиенко, О. Г. Дружинина, Б. Б. Зобнин [и др.]: под ред. В. А. Морозовой. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2005. – 310 с.

6. Лисиенко, В. Г. Альтернативная металлургия: проблема легирования, модельные оценки эффективности: монография / В. Г. Лисиенко, Н. В. Соловьева, О. Г. Трофимова; под ред. В. Г. Лисиенко. – М.: Теплотехник, 2007. – 440 с.

7. Чесноков, Ю. Н. Математические модели косвенных оценок эмиссии CO₂ в некоторых металлургических процессах / Ю. Н. Чесноков, В. Г. Лисиенко, А. В. Лаптева // Сталь. – 2011. – № 8. – С. 74–77.

8. Лисиенко, В. Г. Сравнительный эколого-парниковый анализ альтернативных бескоксовых процессов производства чугуна и стали / В. Г. Лисиенко, Ю. Н. Чесноков, А. В. Лаптева // Металлург. – 2011. – № 7. – С. 40–45.

9. Щелоков, В. Г. Технологии обеспечения энерго-экологической эффективности черной металлургии / В. Г. Щелоков, В. Г. Лисиенко, Ю. Н. Чесноков, А. В. Лаптева // доклад на Международном симпозиуме «Инженерная экология – 2015», (совместно со школой-семинаром молодых ученых). – Москва, 2015. – С. 125–127.